

FUNDAMENTOS EPISTEMOLÓGICOS TRANSDISCIPLINARES DE EDUCACIÓN Y NEUROCIENCIA

Transdisciplinary epistemological foundations of education and neuroscience

ADELA FUENTES CANOSA*

Universidad Nacional de Educación, Cuenca/Ecuador
Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela/España
adela.fuentes@unae.edu.ec
Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3305-2010>

JAVIER COLLADO RUANO**

Universidad Nacional de Educación, Cuenca/Ecuador
Centre International de Recherches et études transdisciplinaires (CIRET), Paris/ Francia
javier.collado@unae.edu.ec
Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0063-6642>

Resumen

El proceso de emergencia de la nueva área de conocimiento, producto de la convergencia entre los campos de la neurociencia y la educación, se encuentra aún en su etapa de consolidación. En este punto de evolución disciplinar, resulta imprescindible definir un marco multidimensional para la construcción del conocimiento, con el fin de fundamentar la consiliencia entre los campos académicos implicados. En este trabajo se realiza una revisión crítica de la literatura asociada a las cuestiones epistemológicas, que subyacen en el intento de comunicación entre disciplinas, proporcionando un marco teórico que parte de cuestiones epistémicas básicas, para finalmente concretizarse en unas bases que fundamenten la sinergia entre las ciencias de la educación y las ciencias del cerebro. En el conjunto de literatura revisada emergió de forma explícita el estado de indefinición terminológica del área referida como neurociencia educativa, neuroeducación, o mente, cerebro y educación. Esta inconcreción en la nomenclatura encuentra su correlato en la ambigüedad epistemológica de las distintas propuestas, así como la necesidad de superación de modelos unidireccionales de comunicación. En conclusión, este tipo de modelo relacional, situado en el marco interdisciplinar, podría estar demandando una evolución hacia un enfoque transdisciplinar: con el establecimiento de una bidireccionalidad efectiva que incorpore a los profesionales e investigadores educativos como agentes activos en los procesos de construcción de conocimiento de este nuevo campo.

Forma sugerida de citar: Fuentes, Adela & Collado, Javier (2019). Fundamentos epistemológicos transdisciplinarios de educación y neurociencia. *Sophia: Colección de la Educación*, 26(1), pp. 82-113.

* Docente-investigadora en la UNAE. Coordinadora del Constructo de Neurociencia educativa.

** Profesor titular en Filosofía de la Educación en la UNAE. Doctor en Filosofía por la Universidad de Salamanca (España). Doctor en difusión del conocimiento por la Universidad Federal da Bahía (Brasil). Magister en Formación del Profesorado (Universidad Sevilla, España) y Licenciado en Historia (Universitat de Valencia, España) con especialización en Arqueología y Relaciones Internacionales (Universitat degli Studi di Palermo, Italia).

Palabras clave

Educación, neurociencia, psicología, epistemología, enfoque interdisciplinario.

Abstract

The emergence process of the new area of knowledge, product of the convergence between the fields of neuroscience and education, is still in its consolidation stage. At this point of disciplinary evolution, it is essential to define a multidimensional framework for creation of knowledge, in order to support the consilience between the academic fields involved. In this paper, a critical review of the literature associated with the epistemological questions is carried out, which underlies the attempt of communication between disciplines, providing a theoretical framework that starts from basic epistemic questions, to finally base the synergy between the sciences of education and the brain sciences. In the set of reviewed literature, the state of terminological undefinedness of the area referred to as “educational neuroscience”, “neuroeducation”, or “mind, brain and education” emerged explicitly. This inconsistency in the nomenclature is correlated in the epistemological ambiguity of the different proposals, as well as the need to overcome unidirectional models of communication. In conclusion, this type of relational model, located in the interdisciplinary framework, could be demanding an evolution towards a transdisciplinary approach: with the establishment of an effective bi-directionality that incorporates professionals and educational researchers as active agents in knowledge construction processes of this new field.

Keywords

Education, neuroscience, psychology, epistemology, interdisciplinary approach.

Introducción

“No somos estudiantes de una materia concreta, sino estudiosos de los problemas. Y los problemas pueden atravesar los límites de cualquier materia o disciplina”
(Popper, 1963, p. 88).

Bolaños (2015) resalta la vigencia y la permanencia de la contraposición epistemológica y metodológica entre aquellos campos de conocimiento dedicados al estudio de los fenómenos físicos y aquellos orientados hacia los aspectos más abstractos de la realidad. No obstante, Palgath, Horvarth y Lodge (2017) sostienen que cuando consideramos cuestiones que afectan a la humanidad, como aquellas que conciernen a la educación, la naturaleza compleja y sistémica de estas cuestiones necesita la integración de las ideas y métodos procedentes de diferentes disciplinas, para el desarrollo de soluciones comprensivas. Según De Corte (2018) la gran complejidad que subyace en los sistemas educativos y en la praxis pedagógica, perfila a la educación como una encrucijada donde puede surgir tanto el diálogo como el conflicto entre una amplia variedad de disciplinas. Históricamente, el diálogo de la ciencia educativa o pedagogía con otras ciencias, dio lugar al producto multi-

disciplinar conocido como ciencias de la educación. Así se originó la emergencia de subdisciplinas como la filosofía educativa, la sociología de la educación, la antropología de la educación, o la psicología educativa, todas ellas encuadradas en los constructos de las ciencias sociales o humanísticas.

De acuerdo con Flobakk (2017), la propuesta de la incorporación de la perspectiva biológica, y de la neurociencia como una de sus ramas (y en concreto en su vertiente fusionada con la psicología cognitiva, la neurociencia cognitiva), esperó hasta finales del siglo XX para ser formulada. Entre los argumentos planteados por este intento de convergencia disciplinar surgió el debate en torno a las cuestiones de cómo la filosofía de las ciencias naturales (neurociencia) y la de las ciencias sociales (educación) podrían llegar a concurrir. Es decir, cómo enfoques dispares dentro de la filosofía de la ciencia, manifestados a través de distintos tipos de teorías y metodologías podrían establecer contacto a través de las líneas limítrofes en las que se enmarcan la educación y la neurociencia.

En este intento de acercamiento de los límites disciplinares, tal y como indican Pohl y Hadorn (2008), se hace necesario discernir sobre los desafíos metodológicos, la complejidad de los problemas investigados y la diversidad de perspectivas epistémicas. Por este motivo, el presente trabajo de investigación realizó una revisión crítica de la literatura asociada a los retos planteados por el establecimiento de puentes epistémicos entre la neurociencia y la educación. En primer lugar, se realizó un análisis de las distintas dinámicas relacionales en las que se puede enmarcar la generación de conocimiento disciplinar. Posteriormente, se examinaron esas mismas dinámicas concretizadas en los productos académicos agrupados en distintas nomenclaturas: neurociencia educativa, neuroeducación, mente, cerebro y educación.

Puentes epistémológicos y metodológicos entre disciplinas dentro del marco de las ciencias de la complejidad

Desde las últimas décadas del siglo XX se viene cuestionando el legado hegemónico de la ciencia positivista de los siglos XVIII y XX. Este diálogo ha puesto de manifiesto la necesidad de crear, difundir y gestionar el conocimiento mediante nuevos enfoques epistemológicos y metodológicos más sistémicos. De acuerdo con Collado (2016b), las escuelas occidentales de pensamiento han permitido un gran desarrollo tecnológico y ma-

terial a la humanidad, pero la hiperespecialización disciplinar ha puesto en jaque las fronteras conceptuales y metodológicas del reduccionismo epistemológico en que la ciencia moderna se apoyaba. Según Santos (2010), esta situación ha permitido la emergencia de nuevos diálogos entre las propias disciplinas científicas y otras epistemes (arte, espiritualidad, emociones, sabiduría ancestral, etc.) en una ecología de saberes. De un modo simbólico, el pasaje del siglo XIX al siglo XX fue denominado por la comunidad científica como la nueva Babel. El corpus de conocimiento científico adquirido en ese período dio lugar a una ‘inflación del conocimiento’ y a la división de la ciencia en una infinidad de disciplinas hiperespecializadas. Esta situación llevó a Kuhn (1970) y Feyerabend (1997) a introducir la noción de inconmensurabilidad del conocimiento en historia de la ciencia.

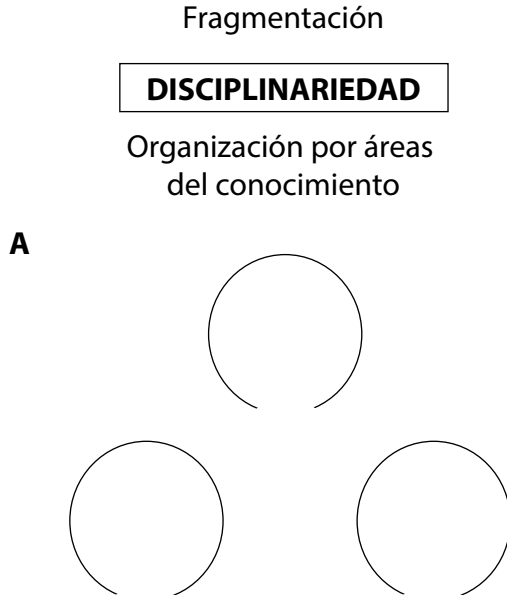
86



En este sentido, resulta ilustrativa la comunicación presentada por Julie Klein durante el I Congreso Mundial de la Transdisciplinariedad de 1994. Klein (1994) señaló que de las 7 a 54 disciplinas identificadas entre 1939 y 1950, podrían constatare 8530 áreas del conocimiento en 1987. Como es lógico, esta inflación del conocimiento originó nuevos diálogos epistemológicos y metodológicos que hicieron repensar todos los campos científicos desde nuevos enfoques más abiertos. Según Collado (2016b), la cooperación entre disciplinas se manifiesta como una nueva frontera de pensamiento necesaria para reformar los problemas derivados de la reducción y fragmentación a la que fueron sometidas la ciencia, la realidad humana y la estructura ontológica de la naturaleza. Estas interrelaciones disciplinares constituyen un diálogo epistemológico y metodológico importante para lograr establecer canales de comunicación, con el fin de definir un marco epistémico que fundamente la consiliencia entre distintos campos del conocimiento.

En el campo del conocimiento educativo, el proceso de repensar las ciencias de la educación desde diferentes abordajes epistémicos conlleva articular concepciones del aprendizaje humano enfocadas en la superación de los modelos unidireccionales de comunicación entre disciplinas. Por este motivo, Nicolescu (1996) sintetiza de la siguiente manera los abordajes mono- (fig. 1), multi- (fig. 2), pluri- (fig. 3) e inter- (fig. 4) y transdisciplinar (fig. 5):

Figura 1
Disciplinariedad



87

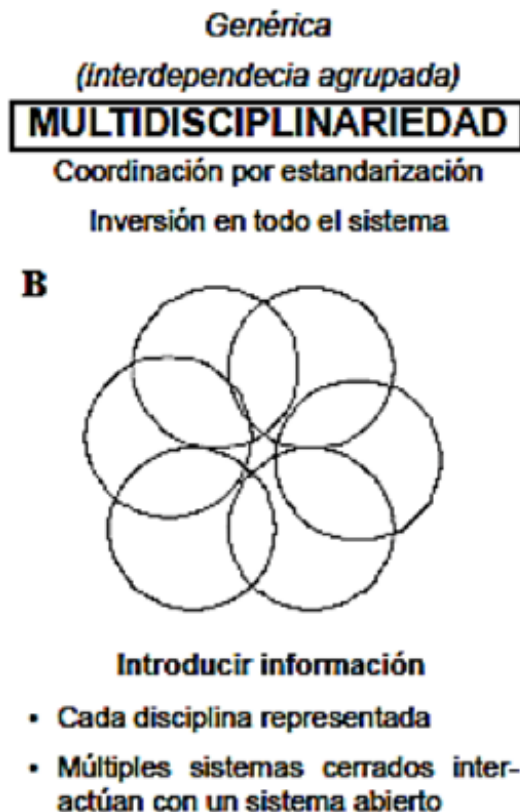
Sin diálogo

- Cada área con metodología propia
- Especialización atomizada

Fuente: elaboración propia.

Disciplinariedad: Representa la forma de pensar y concebir la realidad conforme a las exigencias del método científico moderno, donde el conocimiento es fragmentado y convertido en objeto. El conocimiento se organiza en diversas disciplinas o áreas específicas, donde cada una de ellas posee sus propias reglas metodológicas. Este proceso epistémico-metodológico produce una especialización cada vez más atomizada del conocimiento. A su vez, las interrelaciones dentro de una disciplina, en función de su lógica interna, se define como intradisciplinariedad (ej.: pedagogía).

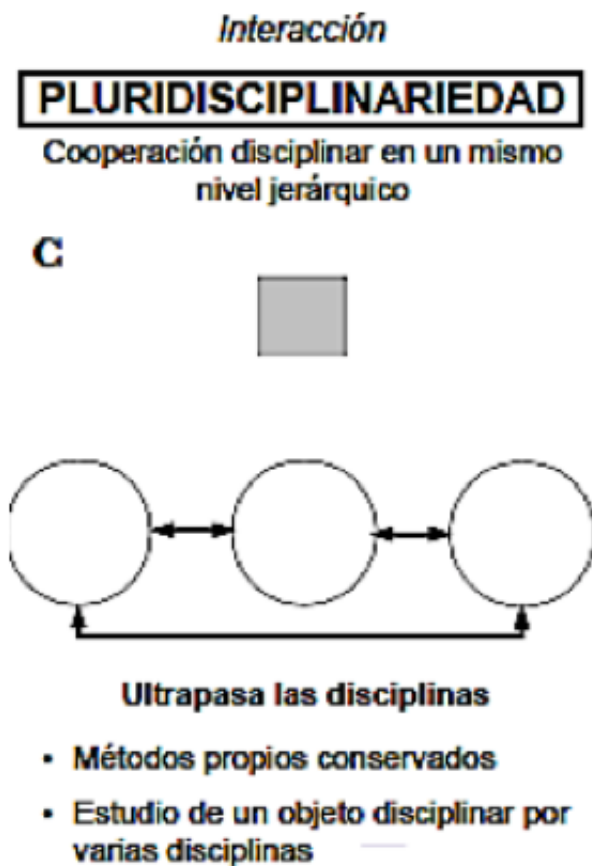
Figura 2
Multidisciplinariedad



Fuente: elaboración propia.

Multidisciplinariedad: Se ocupa de estudiar un tema de investigación desde varias disciplinas de un modo simultáneo. Desde esta perspectiva, cualquier tema se verá enriquecido con la incorporación de los puntos de vista de varias disciplinas. Así pues, el enfoque multidisciplinario excede los límites disciplinarios, pero su objetivo sigue siendo limitado al marco de la investigación disciplinaria, ya que las disciplinas cooperan en forma mutua y acumulativa, pero no interactiva. Los profesionales implicados en una tarea multidisciplinaria adoptan relaciones de colaboración con objetivos comunes (ej.: ciencias de la educación).

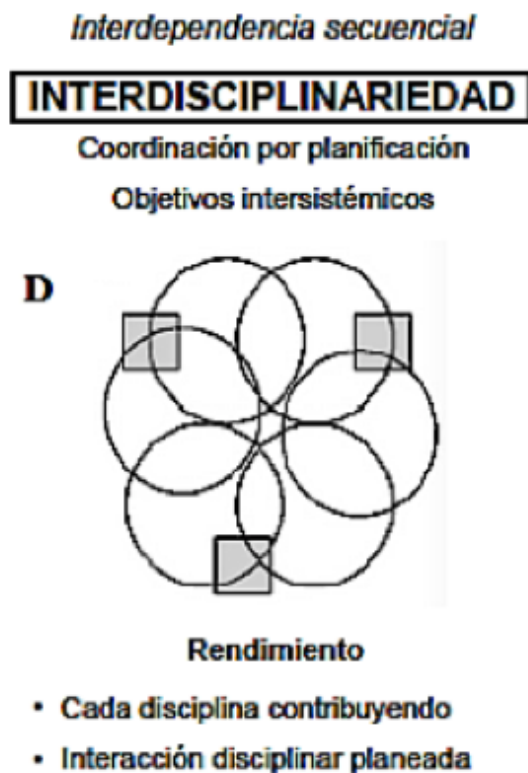
Figura 3
Pluridisciplinariedad



Fuente: elaboración propia.

Pluridisciplinariedad: Estudio de un objeto de una misma y única disciplina por varias disciplinas, situadas generalmente en el mismo nivel jerárquico, al mismo tiempo. El abordaje pluridisciplinar sobrepasa las disciplinas a través de una interacción o cooperación disciplinar, donde los métodos propios de cada una son conservados, y cuya finalidad continúa inscrita en la estructura de investigación disciplinar.

Figura 4
 Interdisciplinariedad



Fuente: elaboración propia.

Interdisciplinariedad: Interacción prolongada y coordinada entre disciplinas académicas, llevando a la integración de los diferentes discursos y a la creación de un léxico o cuadro conceptual común. Se forman puentes entre las grietas de las estructuras disciplinares, llegando a formular una metodología común que trasciende la interface de las epistemologías de diferentes disciplinas. La interdisciplinariedad se organiza en dos niveles jerárquicos, puesto que se introduce un sentido de propósito cuando la axiomática común a un grupo de disciplinas se define en el nivel jerárquico inmediatamente superior. Se pueden distinguir 3 tipos de grados: a) de aplicación; b) epistemológico; c) de generación de nuevas disciplinas (ej.: psicología educativa).

Figura 5
Transdisciplinariedad

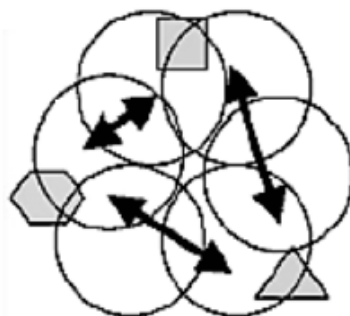
Interdependencia recíproca

TRANSDISCIPLINARIEDAD

Coordinación basada en objetivos
individuales y sistémicos en diálogo

Inversión en incertidumbre por la inter-
dependencia combinada y secuencial

E



Homeostasis

- Cada disciplina afecta
- Reorientación

Fuente: elaboración propia.

Transdisciplinariedad: Desarrollo de una axiomática general cruzando la esencia de las disciplinas. Interacción prolongada y coordinada entre disciplinas académicas y conocimientos producidos por los sujetos fuera de la academia (arte, espiritualidad, saberes ancestrales, etc.), en un proceso de aprendizaje recíproco y sin jerarquía, para la resolución de determinados problemas complejos. Esta interacción genera un nuevo tipo de conocimiento al integrar diferentes discursos disciplinares y de conocimientos no académicos, mediante la formulación metodológica de una ecología de saberes que trasciende la interfaz epistemológica y metodológica de todos ellos. Compete al metapunto de encuentro entre las disciplinas y a la concepción ‘entre, a través y más allá de las disciplinas’. Su objetivo principal es alcanzar la unidad y unificación del conocimiento.



Como puede apreciarse en las diferentes figuras (1, 2, 3, 4, y 5), en las últimas décadas el conocimiento viene organizándose mediante nuevos acercamientos teóricos y metodológicos que permiten aproximarse a la compleja red de fenómenos sociales y naturales que constituyen nuestra realidad ontológica y perceptiva. Gracias a estos abordajes se pueden comprender mejor las opciones para encuadrar las inter-retro-acciones entre la neurociencia y la educación. El neurocientista Damasio (2010) apunta que nuestras acciones son precedidas de impulsos electroquímicos neuronales provocados por los sentimientos emocionales y los pensamientos que surgen de nuestra interioridad. Por eso se puede concluir que exteriorizamos lo que está dentro de nosotros, y viceversa, ya que interiorizamos lo que ocurre en el exterior. Este complejo proceso de inter-retro-acciones constantes entre los sujetos y el entorno socioecológico es una característica importante en la coevolución de los sistemas vivos. La comprensión no lineal de este orden-desorden emocional de nuestro universo interior-exterior es fundamental para quien trabaja con la educación, puesto que implica reconocer los procesos de enseñanza-aprendizaje como el resultado efectivo alcanzado por individuos –sistemas adaptativos complejos– en condiciones intermedias de orden y desorden. Situar los procesos educativos en el marco de la complejidad que caracteriza la producción de conocimiento en el siglo XXI, requiere, entre otros aspectos, la incorporación de la dimensión biológica que subyace bajo la enseñanza y el aprendizaje académico. Para que esta incorporación resulte efectiva se necesita establecer un marco epistemológico definido que posibilite cumplir el objetivo de la sinergia entre las ciencias del cerebro, la mente y la educación.

Los puentes entre cerebro, mente y educación

Según indican Carroll *et al.* (1984), la cuestión de conseguir una vinculación más estrecha entre la investigación cognitiva y la praxis educativa es abordada en un informe de la National Academy of Education, donde se señalan los avances en los estudios sobre cognición como uno de los motores para trabajar los procesos de innovación educativa. En esta misma línea, y con centro en la investigación llevada a cabo por la neurociencia cognitiva, se desarrollaron los informes elaborados por organismos como la OECD (2002, 2007), The Royal Society (2011) y la UNESCO (2013). A pesar de los esfuerzos realizados desde distintos organismos sociales, políticos y académicos para la consolidación y desarrollo de la propuesta

de consiliencia entre las ciencias del cerebro y de la educación, esta área del conocimiento todavía refleja una marcada disparidad entre la proliferación de estudios neurocientíficos susceptibles de aplicación a la educación, y la escasa influencia ejercida dentro de los escenarios educativos.

Gibbons *et al.* (1994) opinan que esta dicotomía podría estar reflejando, en una primera instancia, la necesidad de evolucionar epistemológicamente desde marcos interdisciplinarios para la investigación y generación de conocimiento, a otros genuinamente transdisciplinarios. Esta evolución requiere de la superación de los modos de producción de conocimiento tradicionales, donde los problemas son planteados y solucionados en un contexto gobernado por los intereses académicos que subyacen a cada disciplina. La creación de un espacio de investigación que comunique al laboratorio de neurociencia con el aula, requiere una profunda reconcepción de los límites disciplinares. La consolidación de una transdisciplinariedad efectiva permitiría la apertura de nuevos enfoques que posibilitarían la sinergia entre los distintos discursos disciplinares implicados. Davis y Phelps (2005) indican que el discurso disciplinar resulta en un dominio estructuralmente coherente del uso del lenguaje, que organiza y delimita lo que puede ser dicho, hecho, pensado y, por lo tanto, también conocido. Este discurso funciona siempre en relación a, o en oposición a, otros discursos. Es cuando se da una oposición definida que resulta más relevante la práctica interdiscursiva o el diálogo con aquellos otros discursos implicados, con el fin de hacer posible la supervivencia del nuevo campo del conocimiento.

La necesidad de crear un espacio interdiscursivo donde situar el intento de convergencia entre la neurociencia y la educación se reflejó a través de un intenso debate entre aquellas posturas que postulaban a favor de la imposibilidad de una línea de comunicación directa entre ambas disciplinas, y aquellas otras que se posicionaron en una postura diametralmente opuesta. El debate académico se prolongó a lo largo de la última década del siglo XX, persistiendo hasta la actualidad. A menudo se expresa en la literatura asociada a este tópico mediante la metáfora del Puente o vía de comunicación entre disciplinas. En este sentido, expone Bruer (1997) se encuentran alusiones a puentes demasiado distantes; puentes sobre aguas turbulentas según Ansari y Coch (2006); el establecimiento de canales de comunicación según Varma, McCandliss y Schwartz (2008); la necesidad del establecimiento de los puentes según Mason (2009); la construcción de puentes interactivos según Benarós *et al.* (2010), y la llegada del momento para construir el puente entre la neurociencia y la educación ta y como Sigman *et al.* (2014) han expresado.



Bajo una óptica dialéctica, el desarrollo de este nuevo campo podría ser concebido como un producto de la síntesis entre aquellas tesis arraigadas en un exagerado optimismo, derivando en enfoques educativos basados en interpretaciones erradas y no rigurosas de la investigación neurocientífica, como el paradigma conocido como *aprendizaje basado en el cerebro* (Brain Based Learning), o los neuromitos educativos estudiados por Howard-Jones (2014) y la OECD (2002, 2007).

Según han expresado Bruer (1997) y Willingham (2009), este tipo de enfoques académicos propició la emergencia de aquellas antítesis o contraargumentaciones que postularon a favor de la inconveniencia de una aplicación directa de los resultados de la investigación en neurociencia al campo educativo. Dekker, Lee y Howard-Jones (2012) indican en el núcleo de este debate emergieron las propuestas que intentaron sintetizar ambas posturas, propiciando el planteamiento de cuestiones fundamentales en torno al proceso de demarcación de los límites disciplinares. La sinergia entre la educación y la neurociencia precisa la convergencia entre la investigación educativa, arraigada en el contexto de las ciencias sociales, y la investigación neurocientífica enraizada en el contexto de las ciencias biológicas. El vínculo natural entre estas dos disciplinas se guía por el objeto de estudio compartido: el aprendizaje humano.

Desde una óptica inclusiva, se puede ampliar el marco de esta convergencia entre áreas epistemológicamente alejadas a todas aquellas disciplinas vinculadas mediante el nexo del estudio del aprendizaje: las ciencias del aprendizaje. El aprendizaje se perfila como una de las claves del progreso humano. Lim (2016) señala que el conocimiento generado a través de la estructura multidisciplinar conocida como ciencias del aprendizaje no suele posibilitar la emergencia de modos profundos y holísticos de comprensión, capaces de reflejar toda la complejidad inherente al aprendizaje como objeto de estudio. Wilson (1998) alude a que la meta principal de todo tipo de consiliencia entre disciplinas es la de alcanzar la unidad intelectual o unidad de conocimiento. La necesidad de generar unidad de conocimiento respecto a las diferentes dimensiones en las que se encuadra el aprendizaje humano, y en concreto la integración de los niveles mentales y neurales, se ha visto satisfecha a través de la emergencia de la neurociencia cognitiva mediante el proceso de hibridización disciplinar entre la psicología cognitiva y la neurociencia. Este espacio disciplinar, en el que los niveles neurales y mentales se abordan de manera integrada, fue bautizado por la OECD (2007) como el nacimiento de una nueva ciencia del aprendizaje.

Desde la entrada de la neurociencia cognitiva en el área de los estudios sobre aprendizaje, la generación de conocimiento educativo puso de manifiesto la necesidad de una actualización o replanteamiento en la comunicación entre los campos de estudio de la cognición, la educación y el aprendizaje (reflejando esta efectiva integración entre las ciencias de la mente y del cerebro). Vivas (2015) indica que tanto la enseñanza como el aprendizaje constituyen los núcleos de la teleología educativa, expresando de este modo la relación dialéctica establecida entre quien enseña y quien aprende. En este sentido, Songer y Kali (2014) recurren a la metáfora coevolucionista para describir el tipo de relación existente entre la educación y las ciencias del aprendizaje. La coevolución, desde el punto de vista biológico, describe el proceso de cambios sincrónicos a través del tiempo en dos especies distintas que resultan en una fuerte relación de beneficio mutuo. Collado (2016a) define la coevolución como “un cambio evolutivo recíproco entre especies y su entorno natural que, durante el desarrollo complejo de inter-retro-acciones entre sí, se modifican mutuamente de forma constante” (p. 58). En términos generales, la coevolución es un fenómeno de retroalimentación muy presente en la naturaleza, y sirve de base para comprender mejor el aprendizaje humano en su contexto social, cultural y educativo.

La metáfora coevolucionista aplicada a la educación pone de manifiesto el lugar que esta ocupa dentro de los procesos de aprendizaje humano. La educación escolarizada constituye uno de los escenarios privilegiados en los que se lleva a cabo el aprendizaje humano, y el aprendizaje se perfila como uno de los principales objetivos de la labor docente. Enseñanza y aprendizaje constituyen, en consecuencia, el binomio educativo por excelencia. Por eso resulta natural que la comunicación e influencia entre las disciplinas dedicadas al estudio de ambos tópicos ocurra de un modo fluido y con un carácter de interrelación fuertemente marcado.

Durante el proceso de evolución en el estudio del aprendizaje humano se requirió la construcción de puentes entre mente y educación, consolidados a través de la disciplina de la psicología educativa, pero también de aquellos otros puentes entre mente y cerebro establecidos en el proceso de desarrollo de la neurociencia cognitiva. La necesidad de constituir una relación más estrecha entre los estudios sobre cognición y la educación es recogida por Puebla y Talma (2011), ya que tal y como Fischer, Goswami y Geake (2010), o Pérez (2012) indican, la incorporación en el contexto educativo de los resultados de la investigación en neurociencia ayudaría a la apertura de la caja negra a donde se han relegado los procesos biológicos y cognitivos que subyacen al aprendizaje. Sin embargo, esta incorporación

no se encuentra epistemológicamente definida todavía. En su consolidación se han explorado los enfoques interdisciplinarios y transdisciplinarios, reflejados en la evolución de distintas nomenclaturas utilizadas en la literatura asociada al tópico de neurociencia y educación: neuroeducación, neurociencia educativa y mente, cerebro y educación.

Cuestiones terminológicas sobre neuroeducación, neurociencia educativa, y mente, cerebro y educación

El término neuroeducación surge en el contexto académico en un trabajo de Odell (1981), para aludir a la necesidad de búsqueda de estrategias educativas compatibles con el cerebro. La neuroeducación es definida posteriormente por Battro y Cardinali (1996), que acuñan el término en lengua española, definiéndola como el uso de la investigación científica para la confirmación de las mejores prácticas pedagógicas. La neuroeducación constituye una nueva interdisciplina orientada a promover una mayor integración entre las ciencias de la educación con aquellas que se ocupan del desarrollo neurocognitivo humano. Su objetivo primario, tal y como Ansari, De Smedt y Grabner (2012) sugieren no es introducir cambios radicales en el contexto de los contenidos curriculares, sino aportar una renovada visión que enfatice el desarrollo de las capacidades cognitivas que puedan ser utilizadas transversalmente en las distintas áreas de conocimiento que conforman la estructura curricular. La neuroeducación se refiere a la dotación de un sustento científico para el arte de la enseñanza, constituyéndose en la forma de una disciplina emergente arraigada en la interacción entre los estudios de la mente, el cerebro y la educación posibilitando, según Carew y Magsamen (2010) o Tokuhamas-Espinosa (2008) nuevas formas de encarar los desafíos presentados por la educación del siglo XXI. De acuerdo con Pasquinelli (2012), la neuroeducación constituye un enfoque reciente donde hacer frente a los retos presentados por las políticas educativas actuales, enfatizando la necesidad de afrontar el doble objetivo de concebir nuevos métodos educativos eficaces y facilitar la comprensión en torno a su propia eficacia.

La neuroeducación lleva implícita una estrecha relación con otra de las propuestas surgidas en el seno de la convergencia de las ciencias cognitivas y la educación, el proyecto mente, cerebro y educación (MBE, siglas en inglés). Tokuhamas-Espinosa (2010) describe al proyecto MBE como la intersección entre los campos de conocimiento de la neurología, la pedagogía y la psicología, estableciendo a la neuroeducación como

una de sus ramas y caracterizándola en base al uso de la investigación científica empírica como método para confirmar las mejores prácticas pedagógicas. La propuesta MBE, tal y como Battro, Fischer y Lena (2008) recogen, se origina a través del proceso de actualización de la formación del profesorado en la Universidad de Harvard, recogiendo el proyecto de colaboración entre diversas áreas académicas, como la biología, la genética o la psicología en relación con sus aportaciones a la construcción de conocimiento pedagógico. Este proyecto de colaboración disciplinar propició la emergencia de una nueva área transdisciplinaria donde los campos de neurociencia y educación tendrían prevalencia. El término MBE, según Ferrari y McBride (2011) o Tokuhamu Espinosa (2011, 2015) evoluciona desde una categoría similar a la neuroeducativa a otra que lo sitúa como matriz del enfoque transdisciplinar en el que se sustenta *la ciencia de la mente, el cerebro y la educación*.

Finalmente, la tercera nomenclatura hace referencia al término neurociencia educativa. Szucs y Goswami (2007) la definen como una combinación entre la neurociencia cognitiva y la metodología comportamental para la investigación del desarrollo de las representaciones mentales. Lalancette y Campbell (2012) indican que ocupa el espacio de intersección entre la neurociencia, las ciencias cognitivas y la educación. Geake (2009) la sitúa en el interior de la neurociencia cognitiva, a modo de subdisciplina orientada hacia la investigación de los procesos de cognición vinculados a los contextos educativos. Campbell (2011) la concibe como una rama de la neurociencia cognitiva aplicada a la educación. Battro, Fischer y Lena (2010) delimitan como complementarios los campos del conocimiento de la neuroeducación y la neurociencia educativa, haciendo énfasis en cada uno de los enfoques: la neuroeducación enfatiza el foco educativo de la conexión (relevancia de la neurociencia para la educación), mientras que en la neurociencia educativa el foco recae en aquellas áreas de la neurociencia conectadas con el campo educativo (relevancia de la educación para la neurociencia).

En conclusión, se podría afirmar que tanto la neuroeducación, MBE, y la neurociencia educativa comparten una base común en la que se enfatiza la relación entre neurociencia y educación. MBE podría situarse como la raíz transdisciplinar de la que surgen dos interdisciplinas, la neuroeducación y la neurociencia educativa. No obstante, resulta preciso señalar que Beauchamp y Beauchamp (2013) enfatizan, a pesar de esta visión diferencial, que los términos son utilizados en numerosas publicaciones como sinónimos, y que el criterio de uso se encuentra vinculado a los entornos académicos específicos en los que las respectivas propuestas



investigativas se llevan a cabo. A este respecto, las tres propuestas se encuentran estrechamente vinculadas al contexto académico. La propuesta disciplinar de la neurociencia educativa encuentra los espacios propicios para su consolidación en el Centro para la Neurociencia en la Educación de la Universidad de Cambridge, establecido en el año 2005. Tres años después, durante el año 2008, se creó el Centro para la Neurociencia Educativa de las Universidades de Birbeck y Londres. La neuroeducación se consolida con identidad propia en una propuesta paralela con centro en la Universidad de Bristol, a través del Centro para la Mente y el Cerebro en contextos sociales y educativos creado en el 2005. Finalmente, y desde sus propios orígenes, MBE constituye un proyecto estrechamente vinculado a la Universidad de Harvard. En el año 2004 se produce la creación de la International Mind, Brain and Education Society, con la aparición del producto editorial asociado a esta línea investigativa el Mind, Brain and Education Journal. En el año 2005 se abre la extensión internacional en Italia, la International School of Mind Brain and Education.

Neurociencia y educación: el enfoque interdisciplinar

La conexión entre las diversas terminologías y los aspectos epistemológicos se refleja en el corpus de literatura asociada, pudiendo observarse que la neuroeducación es caracterizada frecuentemente como producto del esfuerzo de un trabajo de tipo interdisciplinar, según Ansari, De Smedt, y Grabner (2012), Hook y Farah (2013), Nouri (2013, 2016) o Pallarés (2015), aunque existen excepciones que la encuadran dentro de un marco transdisciplinar como en el caso de Howard-Jones *et al.* (2015). MBE se perfila como el proyecto más vinculado a la transdisciplinariedad tal y como expresan Della Sala y Anderson (2012), Fischer (2009), Knox (2016) o Özdoğan (2014). A su vez, la neurociencia educativa es concebida en algunos trabajos como una interdisciplina como en el caso de Fischer, Goswami y Geake (2010), Geake (2009), McCandliss (2010), Szucs y Goswami (2007) o Palghat, Lodge y Horvarth (2017); mientras que en otros en los que el término aparece explícitamente como sinónimo de MBE, se caracteriza como una transdisciplina tal y como señalan Flobakk (2015, 2017), Patten y Campbell (2011) o Summak, Summak y Summak (2010). Podría afirmarse, por tanto, que los distintos productos disciplinares surgidos en torno al tópico de neurociencia y educación transitan en un *continuum* epistemológico situado entre los espacios inter- y transdisciplinar. Las consecuencias del posicionamiento en uno u

otro eje del *continuum* se corresponden con modos de producción de conocimientos distintos y, por ende, con la naturaleza del conocimiento resultante de cada uno de los enfoques, junto a su concepción de los límites entre disciplinas.

Enmarcar el resultado de la convergencia entre neurociencia y educación en un marco interdisciplinar o en uno transdisciplinar implica partir de principios y objetivos distintos en el proceso de construcción de los puentes que comunican las diferentes áreas del conocimiento. Según enfatizan Smirnov y Bottomore (1983), en el proceso de construcción interdisciplinar, la colaboración entre las distintas disciplinas se edifica en base a los materiales conceptuales y metodológicos propios a cada territorio disciplinar. Esta colaboración continúa respetando los límites disciplinares, tal y cómo se refleja en las concepciones que sitúan a la neurociencia educativa como un producto interdisciplinar. Campbell (2011) recoge este hecho denominándolo como una concepción restringida de la neurociencia educativa que la sitúa como una neurociencia cognitiva aplicada a la educación. Desde esta visión académica, la neurociencia educativa se constituye como una interdisciplina ontológica y epistemológicamente situada en el centro de la convergencia entre las ciencias de la mente y del cerebro. Metodológicamente se adscribe dentro de los métodos que caracterizan a la neurociencia cognitiva, abarcando todos aquellos estudios de neuroimagen relacionados con la investigación sobre el desarrollo neurocognitivo (tanto típico como atípico), y aquellos aspectos más relevantes para los procesos de aprendizaje educativo.

Al establecer canales de comunicación interdisciplinares entre neurociencia y educación se complementa las aportaciones de la psicología educativa, introduciendo un nuevo nivel de análisis. De acuerdo con Burunat y Arnay (1987), este canal *posibilita la llegada del cerebro* a la construcción de conocimiento educativo. El tipo de conocimiento generado a través de este marco interdisciplinar se integra en el constructo de las ciencias del aprendizaje, suponiendo una actualización en base a la incorporación del nivel neural en la construcción de conocimiento. La conexión con el campo educativo queda delimitada implícitamente, precisando la colaboración de los actores educativos para los procesos de aplicación de los resultados surgidos en el entorno del laboratorio de neurociencia. Este tipo de abordaje solucionaría, al menos en parte, la cuestión de la vinculación entre neurociencia y educación, pero dejaría en el aire la cuestión en torno a la solvencia de la relación disciplinar en un sentido inverso, es decir, de la comunicación entre educación y neurociencia. En el modelo interdisciplinar, por tanto, sigue vigente el

enfoque tradicional de comunicación unidireccional que sitúa a la investigación surgida en el seno de las ciencias del aprendizaje como fuente de información clave para el contexto educativo. Surgen, en este punto del trayecto interdisciplinar, las cuestiones asociadas al otro lado del puente: el educativo. Si dentro del binomio neurociencia-educación se traslada el énfasis hacia el segundo término, podríamos situarnos en la versión inversa del diálogo, el que comunica a la educación y neurociencia. Así podría propiciarse la posibilidad de encarar las carencias y problemas evidenciados en la crítica que Bowers (2016) realiza a este nuevo campo: la ausencia de una influencia real de la investigación realizada en el campo de las nuevas interdisciplinas al escenario del aula.



Educación y neurociencia: el enfoque transdisciplinar

Rastreando el origen de la diferenciación de los términos inter- y transdisciplinar desde una perspectiva etimológica, la raíz de disciplina se asocia al léxico de origen latino –*discere*– que significa aprender, mientras que el sufijo –*ina* indica pertenencia. De este modo, el término disciplina se refiere a la pertenencia a un campo del aprendizaje, susceptible de ser ampliado mediante el uso de distintos prefijos. El prefijo inter- alude a la ocupación de aquellos espacios que surgen entre las conexiones disciplinares, mientras que el prefijo trans- indica la adopción de un enfoque caracterizado por estar *en, entre y más allá* de las disciplinas concebidas como un constructo con límites definidos en los que enmarcar la gestión de conocimiento.

Desde una perspectiva histórica, el término transdisciplinar surge en los años 70 con una vinculación directa a la cuestión educativa y a la necesidad de superar el enfoque monodisciplinar en la formación del profesorado. La carencia de una sinergia entre la ciencia del aprendizaje vigente durante la segunda mitad del siglo XX (psicología) y la ciencia educativa (pedagogía), ha sido recogida por Bernstein (2015), Nicolescu (2010), McGregor (2014) o Petts, Owens y Bulkely (2008), coincidiendo en la relevancia de su afrontamiento en el seno de una Conferencia Internacional sobre Educación Universitaria *Interdisciplinarity: Problems of Teaching and Research in Universities*, patrocinada por el Ministro de Educación de Francia, la Universidade de Niza y la OECD. Dentro de este contexto histórico y académico, el término transdisciplinar fue definido por Piaget (1972) como un estado superior del enfoque interdisciplinar, que vendría a cubrir no solamente las relaciones de interacción o reciprocidad entre los proyec-

tos de investigación especializada, sino que además situaría estas mismas relaciones dentro de un sistema total sin límites disciplinares firmes. Según Jantsch (1972) y Lichnerowicz (1972), la transdisciplinariedad respondía al proceso de coordinación de todas las disciplinas e interdisciplinas del sistema de innovación y enseñanza sobre la base de un enfoque axiomático general, enfatizando el carácter de homogeneidad de la actividad teórica en las diferentes ciencias y diversas técnicas, independientemente del ámbito donde se efectúa dicha actividad.

En este sentido, la transdisciplinariedad constituye un enfoque epistemológico y metodológico relativamente reciente. Surge en el contexto académico para dar respuesta a los crecientes niveles de complejidad de los problemas planteados por el mundo real, y más concretamente de aquellas cuestiones que se requieren para crear una visión que trascienda los límites entre disciplinas. La capacidad para superar las visiones limitadas en los marcos disciplinares tradicionales es la que posibilita la generación de áreas de conocimiento que operan bajo principios lógicos diferentes a las disciplinas tradicionales. En su famoso libro *Manifiesto de la transdisciplinariedad*, Nicolescu (1996) introdujo tres pilares epistémicos para la investigación transdisciplinar: los niveles de realidad, la lógica del tercero incluido y la complejidad. Esta concepción epistémica busca superar el pensamiento dicotómico, reductor e hiperespecializado, con el fin de integrar e incluir diferentes tipos de conocimiento no científico. Mientras existen diferentes leyes físicas que gobiernan cada nivel ontológico de la Naturaleza (macro, meso y micro), nuestra percepción humana también tiene diferentes niveles para entender nuestra realidad. En este sentido, la Lógica del Tercero Incluido desarrollada por Lupasco (1994) actúa integrando diferentes elementos y fenómenos con un abordaje polilógico. Esto significa diferentes lógicas actuando conjuntamente en un mismo espacio-tiempo, a pesar de las contradicciones.

Bergman *et al.* (2005) indican que este tipo de lógica inclusiva opera a través de aquellas investigaciones que afrontan un fenómeno complejo, lo que requiere la superación de los límites disciplinares y el desarrollo de métodos apropiados para la integración de un conocimiento segmentado y fragmentado a través de los diferentes campos científicos. Hadorn *et al.* (2008) aluden a que uno de los motivos intelectuales para la transgresión de los límites entre disciplinas es la necesidad de integración de diferentes perspectivas, sumada a la búsqueda de innovación en la comprensión científica fundamental de problemas específicos. Benarós *et al.* (2010) recogen la posibilidad de integrar los tres niveles de análisis de la realidad en el estudio del desarrollo y aprendizaje humano. Así, la

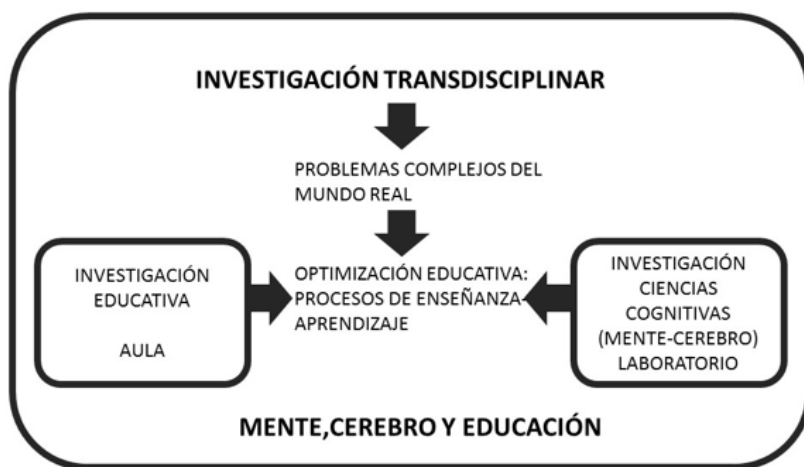
integración del nivel biológico, cognitivo y comportamental de un mismo núcleo ontológico requiere la superación de las brechas epistemológicas abiertas en cada uno de los niveles. En este sentido, la propuesta de convergencia entre las ciencias de la mente, del cerebro y de la educación, se perfila como generadora de conocimientos complejos, en el sentido que abarcan todos aquellos fenómenos que están tejido conjuntamente. En esta línea de pensamiento, Morin (1999) expresa la necesidad de integrar los niveles de estudio cerebrales, culturales y mentales, con el fin de adoptar patrones de pensamiento complejo en la construcción de conocimiento educativo.

Koizumi (2004) enfatiza que se deben transcender aquellas perspectivas inter- y multidisciplinares para el asentamiento de una transdisciplina donde neurociencia y educación puedan encontrarse. La transdisciplinariedad posibilitaría la creación de un nuevo campo epistemológico con sus propias estructuras conceptuales, a través de la fusión de los límites de disciplinas diferentes. Según indica Samuels (2009), el nexo conector en una transdisciplina no reside en la adopción de una perspectiva teórica, epistemológica o metodológica común, sino en el objetivo de alcanzar una comprensión más profunda y de carácter holístico e integrador de un objeto de estudio compartido. En este proceso de generación de conocimiento transdisciplinar los actores de cada una de las disciplinas realizan sus aportaciones desde el nivel de realidad estudiado en cada campo de conocimiento, ofreciendo un producto en el que las diferentes dimensiones del fenómeno estudiado devienen integradas.

El modelo de investigación transdisciplinar busca superar el nivel interdisciplinar, caracterizado por situar a la neurociencia como una de las fuentes de información de posible relevancia para el ámbito educativo en el contexto de una relación comunicativa unidireccional. En el proceso de desarrollo teórico de mente-cerebro-educación surge la necesidad de adoptar un enfoque transdisciplinario, con el fin de crear una estructura de influencia bidireccional entre las áreas integrantes. Esta perspectiva fue recogida como una prioridad por autores como Della Chiesa, Christoph y Hinton (2009), Knox (2016) o Koizumi (2004). Más allá de integrar a la neurociencia como una nueva disciplina dentro de las ciencias del aprendizaje, Tokuhamma-Espinosa (2011) expone, que el Proyecto MBE implica la creación de una nueva ciencia de la enseñanza y el aprendizaje, dentro de un espacio transdisciplinar, cuyo desarrollo podría ofrecer como resultado nuevos modos de considerar viejos problemas educativos. De acuerdo con Fischer (2009), el campo de MBE persigue la meta de la integración efectiva entre investigación y praxis, en una sólida

infraestructura que aune los esfuerzos de científicos y educadores para posibilitar un estudio efectivo de la enseñanza-aprendizaje llevada a cabo en el escenario educativo (figura 6).

Figura 6
Investigación transdisciplinar



Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la figura 6, la adopción de un modelo transdisciplinar en la cuestión de vincular neurociencia y educación conlleva la introducción de una dinámica de influencia entre ambos campos. En este sentido, Mason (2009) expresa que aquí emerge la apertura de una vía bidireccional donde los escenarios del aula y del laboratorio cognitivo operan de modo conjunto. En un nivel epistemológico, Gibbons *et al.* (1994) señalan que la transdisciplinariedad está vinculada a nuevos modos de producción del conocimiento heterogéneos y heterárquicos, donde las ciencias de la mente, el cerebro y la educación convergen como áreas disciplinares con un objeto de estudio compartido y sistematizado entre los distintos campos académicos. La creación de un espacio transdisciplinario permite la integración de la investigación resultante de la intersección entre el laboratorio y el aula, con el fin de plasmarse efectivamente en el mundo real. Bergman *et al.* (2005) indican que en este enfoque por un lado, se logra trabajar en un primer nivel donde se procura una síntesis de los resultados modulares desde una perspectiva integradora e inclusiva que recoja la totalidad de las problemáticas trabajadas; mientras que por otro lado se logran afrontar los retos de un segundo

nivel, equiparando el énfasis en la elaboración de resultados relevantes en el campo científico al de los resultados relevantes para la práctica.

Además, el enfoque transdisciplinar también posibilitaría la superación del escollo que supone introducir la práctica del aula en el producto de colaboración entre disciplinas, y por lo tanto, la colaboración de un actor no académico en la producción de conocimiento científico: el docente. En este aspecto, la propuesta de un modelo de investigación transdisciplinar converge con las teorías críticas de la educación de Giroux (1990) que denuncian el aislamiento del profesorado en el proceso de construcción de conocimiento educativo y la reducción de la autonomía docente respecto al desarrollo y planificación de los currículos. Geake y Cooper (2003) señalan que una de las ventajas de la propuesta de intersección entre la investigación en neurociencia y educación reside en la reducción del nivel de marginación de los docentes, en lo que concierne a las aportaciones en torno a la construcción de teorías pedagógicas, basándose en su conocimiento directo de la realidad del aula. A su vez, Vidal (2008) encuadra el rol docente dentro de la relación bidireccional que exige el desarrollo de la nueva transdisciplina, posibilitando la llegada de las contribuciones de la neurociencia cognitiva al aula; pero contribuyendo al mismo tiempo en que sus reflexiones y opiniones en torno a la aplicación de esas contribuciones puedan llegar al laboratorio de neurociencia.

104



Conclusiones

“El mundo tiene problemas, pero las universidades tienen departamentos” (Brewer, 1999, p. 328).

El proceso de vinculación entre la neurociencia y la educación ha dado lugar a una proliferación de literatura asociada al tópico, donde se puede analizar la evolución y desarrollo de la creación de una nueva área de conocimiento, producto del contacto entre ambos campos de estudio. Desde un punto de vista ontológico, la perspectiva educativa podría ser considerada mucho más compleja que aquella posicionada dentro del marco biológico propio de la neurociencia. Según expresan Ortega y Fernández (2014), el marco ontológico de la educación abarca la totalidad del proceso de construcción del ser humano. A este respecto, y tras el proceso de literatura realizado, se pudo observar que la negación del reduccionismo intrínseco a una aproximación al objeto de estudio de la educación basada exclusivamente en el nivel neural constituiría un vano

intento para situar a las contribuciones de la neurociencia dentro del campo educativo. No obstante, la negación de la necesidad de incorporar este nivel podría constituir, del mismo modo, un claro perjuicio en el afrontamiento de la complejidad inherente en la praxis y teoría educativa. La educación constituye un fenómeno extremadamente complejo que requiere trascender los análisis centrados en los niveles neurales de los procesos de enseñanza-aprendizaje. Resulta preciso señalar, sin embargo, que sin una efectiva incorporación del nivel biológico a la construcción de conocimiento educativo, la educación se estaría negando a sí misma la oportunidad de recoger las posibilidades de optimización e innovación planteadas desde el laboratorio de neurociencia.

El reconocimiento de la multidimensionalidad que subyace en esta complejidad ontológica pone de manifiesto la necesidad de integrar los distintos niveles desde los que el ser humano puede ser estudiado en referencia a su posición como sujeto educativo, agente activo del aprendizaje y proporcionador de significado a los procesos de enseñanza. Por esta razón, la incorporación de la neurociencia a la construcción de conocimiento educativo no debe ser concebida como una panacea ni como el único soporte o fundamento para una nueva *revolución educativa*. Este tipo de enfoques caracterizados por un entusiasmo *naïf*, y basados en planteamientos no sistematizados y sin la rigurosidad necesaria para asentar las bases de la comunicación disciplinar, dieron lugar a la eclosión de una auténtica neuromitología dentro del colectivo docente, así como al paradigma del *Aprendizaje Basado en el Cerebro*.

En este sentido, también cabe hacer especial hincapié que los informes emitidos por distintos organismos oficiales, implicados en el diseño e implementación de políticas educativas, han recogido la urgente necesidad de *construir los puentes* entre neurociencia y educación. Estas vías de comunicación entre ambas áreas, sólidamente ancladas en los principios que rigen la producción de conocimiento científico y académico, se constituyen como la mejor alternativa para la erradicación de los malentendidos y malinterpretaciones respecto al potencial de influencia de la neurociencia en el campo educativo.

Además, y tal y como se ha venido recogiendo a lo largo de este trabajo, en el estado actual de la cuestión y respecto de su dimensión epistémica, Bravo (2007) expresa la necesidad de reconsiderar los modos tradicionales en los que se ha venido encuadrando el estudio del ser humano como sujeto educativo, con el fin de poder redefinir la educación de forma que pueda responder a los desafíos actuales que demanda la sociedad del siglo XXI. En esta línea, se observa que uno de los tópicos trans-

versales a la literatura revisada es cómo los retos y problemas del mundo educativo a inicios de este siglo XXI podrían estar necesitando soluciones que trasciendan los modelos departamentales en los que se encuadra la investigación educativa. En el caso concreto de la neurociencia y la educación, las aportaciones en torno a la neuroplasticidad, o respecto a la intrincada interrelación entre los aspectos cognitivos y emocionales que determinan el éxito y el fracaso escolar, constituyen fenómenos de gran relevancia, y que pese a constituir núcleos centrales de la investigación cognitiva apenas han encontrado respuesta en el entorno educativo.

Las causas o razones de la disparidad en los intentos de convergencia disciplinar entre la neurociencia y la educación podrían ser rastreadas a la inconcreción de su terminología y a la ambigüedad epistemológica presente en cada una de las nomenclaturas vigentes. En el binomio neurociencia-educación, la educación parece seguir ausente. De acuerdo con Zadina (2015), tanto el escepticismo como la competitividad entre las áreas de las ciencias de la mente, del cerebro y de la educación implicadas, han propiciado un debate en el que psicología y neurociencia se disputan la idoneidad para informar al campo educativo estableciendo vías unidireccionales de diálogo. Esta vía unidireccional ha propiciado la sinergia entre la psicología cognitiva y neurociencia en su vertiente especializada en el aprendizaje educativo. A través del modelo interdisciplinar en el que parecen estar asentándose los productos académicos resultantes del encuentro entre neurociencia y educación (o lo que se ha denominado como visión reducida de la neurociencia educativa) se ha dado a luz un prolífico corpus de investigación que, a través de estudios basados en las técnicas de neuroimagen, proporcionan evidencias sólidas sobre los procesos neurales que subyacen en el aprendizaje escolar y la capacidad educativa para influenciar estos mismos procesos. No obstante, a pesar de la abundancia de literatura científica en este campo, la teoría y la praxis educativa parecen seguir impermeables a este tipo de evidencias.

La neurociencia educativa, entendida desde el paradigma interdisciplinar, podría ser definida como una subdisciplina de la neurociencia cognitiva, o en otras palabras como un binomio mente-cerebro en el que la triangulación requerida por los intelectuales del campo seguiría requiriendo una apertura del tercer elemento en juego, el educativo. Para que esta inclusión e integración pueda ser efectiva, numerosos estudios literarios señalan que la adopción de un marco transdisciplinar podría constituir una de las herramientas clave para poder encajar los procesos de interrelación entre las áreas de conocimiento implicadas. Esta interrelación debe expresarse a través de nuevas formas de afrontar la cons-

trucción de teorías y la investigación en el campo. La construcción de conocimiento educativo, aunque pueda enriquecerse de las metodologías de neuroimagen propias de la neurociencia, requiere necesariamente de la investigación educativa, así como de su concreción en el escenario del aula, al concebirla como el correlato de los escenarios de laboratorio propios de las ciencias cognitivas.

En suma, se conoce que el hecho de que la formación docente constituye un elemento clave para el futuro de la transdisciplina. Por eso Rosenfield (1992) defiende que cada miembro del equipo transdisciplinar necesita estar lo suficientemente familiarizado con los conceptos y enfoques del resto de miembros del equipo para poder llevar a cabo la difuminación de los límites disciplinares, permitiendo el afrontamiento de los problemas comunes como parte de un fenómeno más amplio. Coch y Ansari (2009) también reflexionan sobre este hecho, apuntando a la necesidad de incluir contenidos básicos de neurociencia en la formación del profesorado. A través de una actualización en la educación de educadores que incorpore las contribuciones de la neurociencia, sumada al esfuerzo por el desarrollo, durante el proceso de formación, de una sólida competencia investigativa, podría propiciarse la entrada de un nuevo actor en la propuesta transdisciplinar, en forma de docente-investigador. Este nuevo perfil de docente podría ocupar el lugar idóneo para establecer un diálogo multirreferencial con el laboratorio cognitivo en el correlato del aula. La reivindicación docente del lugar que le pertenece por derecho, el aula, en su dimensión investigativa, podría posibilitar la triangulación que el campo de investigación transdisciplinar mente-cerebro-educación requiere, ayudando a consolidar un nuevo paradigma de investigación educativa transdisciplinar.



Referencias bibliográficas

- ANSARI, Daniel & COCH, Donna
 2006 Bridges over troubled waters: Education and cognitive neuroscience. *Trends in cognitive sciences*, 10(4), 146-151.
- ANSARI, Daniel, DE SMEDT, Bert & GRABNER, Roland
 2012 Neuroeducation—a critical overview of an emerging field. *Neuroethics*, 5(2), 105-117.
- BATTRO, Antonio & CARDINALI, Daniel
 1996 *Más cerebro en la educación*. La Nación, Buenos Aires. 16 de Julio.
- BATTRO, Antonio., FISCHER, Kurt & LENA, Pierre (Eds.)
 2010 *The educated brain: Essays in neuroeducation*. N.Y: Cambridge University Press.



- BEAUCHAMP, Catherine & BEAUCHAMP, Miriam
 2013 Boundary as bridge: An analysis of the educational neuroscience literature from a boundary perspective. *Educational Psychology Review*, 25(1), 47-67.
- BENARÓS, Sol, LIPINA, Sebastián, SEGRETIN, María Soledad, HERMIDA, María Julia, & COLOMBO, Jorge
 2010 Neurociencia y educación: hacia la construcción de puentes interactivos. *Revista de neurología*, 50(3), 179-186.
- BERGMAN, Mathias, BROHMANN, Bettina, HOFFMANN, Esther, LOIBL, Celine, RE-HAAG, Regine, SCHRAMM, Engelbert & Voß, Jan-Peter
 2005 Quality criteria of transdisciplinary research. A guide for the formative evaluation of research projects. *ISOE-Studientexte*, (13).
- BERNSTEIN, Jay
 2015 Transdisciplinarity: A review of its origins, development, and current issues. *Journal of Research Practice*, 11(1), 1.
- BOLAÑOS, Robert
 2015 Elementos de hermenéutica y fenomenología para un diálogo metodológico entre las ciencias. *Sophia, Colección de filosofía de la educación*, (19), 25-46.
- BOWERS, Jeffrey
 2016 The practical and principled problems with educational neuroscience. *Psychological Review*, 123(5), 600-612.
- BRAVO, Pedro
 2007 Presupuestos epistemológicos para un entendimiento del sujeto de la educación. *Sophia, Colección de Filosofía de la Educación*, (2), 35-59.
- BREWER, Garry
 1999 The challenges of interdisciplinarity. *Policy sciences*, 32(4), 327-337.
- BRUER, John
 1997 Education and the brain: A bridge too far. *Educational Researcher*, 26(8), 4-16.
- BURUNAT, Enrique & ARNAY, Cristina
 1987 Pedagogía y neurociencia. *Educar*, (12), 87-93.
- CAMPBELL, Stephen
 2011 Educational Neuroscience: Motivations, methodology, and implications. *Educational Philosophy and Theory*, 43(1), 7-16.
- CAREW, Thomas & MAGSAMEN, Susan
 2010 Neuroscience and education: An ideal partnership for producing evidence-based solutions to guide 21st century learning. *Neuron*, 67(5), 685-688.
- CARROLL, John *et al.*
 1984 *Improving Education: Perspectives on Educational Research*: Pittsburgh: National Academy of Education.
- COCH, Donna & ANSARI, Daniel
 2009 Thinking about mechanisms is crucial to connecting neuroscience and education. *Cortex*, 45(4), 546-547.
- COLLADO, Javier
 2016a La bioética como ciencia transdisciplinar de la complejidad –una introducción coevolutiva desde la Gran Historia. *Revista Colombiana de Bioética*, 11(1), 54-67.
 2016b *Paradigmas epistemológicos en Filosofía, Ciencia y Educación. Ensayos Cosmodernos*. Saarbrücken: Editorial Académica Española.

- DAMASIO, Antonio
 2010 *Self Comes to Mind. Constructing the Conscious Brain*. New York: Pantheon.
- DAVIS, Brent & PHELPS, Renata
 2005 Exploring the common places of education and complexity: Transphenomenality, transdisciplinarity, and interdiscursivity. *Complicity: An International Journal of Complexity and Education*, 2(1), 1-4.
- DE CORTE, Erik
 2018 Educational Sciences: A Crossroad for Dialogue among Disciplines. *European Review*, 1-10.
- DEKKER, Sanne, LEE, Nikki, HOWARD-JONES, Paul & JOLLES, Jelle
 2012 Neuromyths in education: Prevalence and predictors of misconceptions among teachers. *Frontiers in psychology*, 3.
- DELLA CHIESA, Bruno, CHRISTOPH, Vanessa & Hinton, Christina
 2009 How many brains does it take to build a new light: Knowledge management challenges of a transdisciplinary project. *Mind, Brain, and Education*, 3(1), 17-26.
- DELLA SALA, Sergio & ANDERSON, Mike
 2012 *Neuroscience in Education: The good, the bad, and the ugly*. London: Oxford University Press.
- FERRARI, Michel & MC BRIDE, Hazel
 2011 Mind, Brain, and Education: The birth of a new science. *Learning landscapes*, 5(1), 85-100.
- FEYERABEND, Paul
 1997 *Tratado contra el método: esquema de una teoría anarquista del conocimiento*. 3ª ed. Madrid: Tecnos.
- FISCHER, Kurt
 2009 Mind, brain, and education: building a scientific groundwork for learning and teaching1. *Mind, Brain, and Education*, 3(1), 3-16.
- FISCHER, Kurt, GOSWAMI, Usha & GEAKE, John
 2010 The future of educational neuroscience. *Mind, Brain, and Education*, 4(2), 68-80.
- FLOBAKK, Frida
 2015 *The development and impact of educational neuroscience. A critical discourse analysis*. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology.
- 2017 Educational Neuroscience and Reconsideration of Educational Research. *Pedagogika*, 66(6), 654-671
- GEAKE, John
 2009 *The Brain at School: Educational Neuroscience in the Classroom*. London: McGraw-Hill Education
- GEAKE, John & COOPER, Paul
 2003 Implications of cognitive neuroscience for education. *Westminster Studies in Education*, 26(10), 7-20.
- GIBBONS, Michael, LIMOGES, Camille, NOWOTNY, Helga, SCHWARTZMAN, Simon, SCOTT, Peter & TROW, Martin
 1994 *The new production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies*. London: Sage.
- GIROUX, Henry
 1990 *Los profesores como intelectuales. Hacia una pedagogía crítica del aprendizaje*. Barcelona: Paidós.



- HADORN, Gertrude *et al.*
 2008 *Handbook of transdisciplinary research*. Zurich: Springer.
- HOWARD-JONES, Paul
 2014 Neuroscience and education: myths and messages. *Nature Reviews Neuroscience*, 15(12), 817-824.
- HOWARD-JONES, Paul *et al.*
 2015 Neuroeducational Research in the Design and Use of a Learning Technology. *Learning, Media & Technology*, 40(2), 227-246.
- HOOKE, Cayce & FARAH, Martha
 2013 Neuroscience for educators: what are they seeking, and what are they finding? *Neuroethics*, 6(2), 331-341.
- JANTSCH, Erich
 1972 Towards interdisciplinarity and transdisciplinarity in education and innovation. *Interdisciplinarity: Problems of teaching and research in universities*, 97-121.
- KLEIN, Julie
 1994 Notes Toward a Social Epistemology of Transdisciplinarity. Comunicación presenta en el "I Congreso Mundial de la Transdisciplinariedad", 2 a 7 de noviembre 2014, Arrábida, Portugal.
- KNOX, Rockey
 2016 Mind, brain, and education: A transdisciplinary field. *Mind, Brain, and Education*, 10(1), 4-9.
- KOIZUMI, Hideaki
 2004 The concept of 'developing the brain': a new natural science for learning and education. *Brain and Development*, 26(7), 434-441.
- KUHN, Thomas
 1970 *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: The University of Chicago.
- LALANCETTE, Helene & CAMPBELL, Stephen
 2012 Educational Neuroscience: Neuroethical Considerations. *International Journal of Environmental and Science Education*, 7(1), 37-52.
- LICHNEROWICZ, Andre
 1972 'Mathematics and Transdisciplinarity'. En *Interdisciplinarity: Problems of Teaching and Research in Universities* (121-127). Paris: Organization for Economic Cooperation and Development.
- LIM, Soo-Siang
 2016 Towards consilience in science of learning: data as currency for collaboration. *npj Science of Learning*, 1, june.
- LUPASCO, Stephane
 1994 *O Homem e suas Três Éticas*. Lisboa: Instituto Piaget.
- MASON, Lucia
 2009 Bridging neuroscience and education: A two-way path is possible. *Cortex*, 45(4), 548-549.
- MCCANDLISS, Bruce
 2010 Educational neuroscience: The early years. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(18), 8049-8050.
- MCGREGOR, Sue
 2014 Transdisciplinarity and conceptual change. *World Futures*, 70(3-4), 200-232.
- MORIN, Edgar
 1999 *Los siete saberes para la educación del futuro*. París: Unesco.

NICOLESCU, Basarab

1996 *La transdisciplina*. Manifiesto. Mónaco: Du Rocher.

2010 *Disciplinary boundaries. What are they and how they can be transgressed?* Recuperado de <https://goo.gl/n4fjVh>

NOURI, Ali

2013 Practical Strategies for Enhancing Interdisciplinary Collaboration in Neuroeducational Studies. *International Journal of Cognitive Research in science, engineering and education (IJCRSEE)*, 1(2), 94-100.

2016 Exploring the Nature and Meaning of Theory in the Field of Neuroeducation Studies. *International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic, Business and Industrial Engineering*, 10(8), 2726-2729.

ODELL, Jim

1981 *Neuroeducation: Brain compatible learning strategies*. Lawrence: University of Kansas.

OECD

2002 *Understanding the Brain. Towards a New Learning Science*. Paris: OECD.

2007 *Understanding the brain. The Birth of a Learning Science*. Paris: OECD.

ORTEGA, Remberto & FERNÁNDEZ, Jhonny

2014 La Ontología de la educación como un referente para la comprensión de sí misma y del mundo. *Sophia, Colección de Filosofía de la Educación*, (17), 37-57.

ÖZDOĞRU, Asil

2014 Mind, Brain, and Education: An Emerging Transdisciplinary Field of Learning and Development. *The Journal of Neurobehavioural Science*.1(3), 95-96.

PALGHAT, Kelsey, HORVARTH, Jared & LODGE, Jason

2017 The hard problem of 'educational neuroscience'. *Trends in Neuroscience and Education*, 6, 204-210.

PALLARÉS, David

2015 Hacia una concepción dialógica de la educación. *Participación educativa: Revista del Consejo Escolar del Estado*, 4(7), 133-141.

PASQUIER, Florent

2016 Le Tiers-Caché: pour un nouveau paradigme en sciences humaines et sociales. En Nicolescu (Coord.), *Le Tiers caché dans les différents domaines de la connaissance* (p. 144-148). Paris: Éditions Le Bois d'Orion.

PASQUINELLI, Elena

2012 Neuromyths: Why do they exist and persist? *Mind, Brain, and Education*, 6(2), 89-96.

PATTEN, Kathryn & CAMPBELL, Stephen

2011 *Educational neuroscience: Initiatives and emerging issues*. Hoboken: Wiley-Blackwell.

PÉREZ, Ángel

2012 *Educarse en la era digital*. Madrid: Morata.

PETTS, Judith, OWENS, Susan & BULKELEY, Harriet

2008 Crossing boundaries: Interdisciplinarity in the context of urban environments. *Geoforum*, 39(2), 593-601.

PIAGET, Jean

1972 *Psicología y Epistemología*. Buenos Aires: Emecé.



- POHL, Christian & HADORN, Gertrude
2008 Methodological challenges of transdisciplinary research. *Natures Sciences Sociétés*, 16(2), 111-121.
- POPPER, Karl
1963 *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*. N.Y: Routledge and Kegan Paul.
- PUEBLA, Ricardo & TALMA, Paz
2011 Educación y neurociencias: La conexión que hace falta. *Estudios pedagógicos* (Valdivia), 37(2), 379-388.
- ROSENFELD, Patricia
1992 The potential of transdisciplinary research for sustaining and extending linkages between the health and social sciences. *Social science & medicine*, 35(11), 1343-1357.
- SAMUELS, Boba
2009 Can the differences between education and neuroscience be overcome by mind, brain, and education? *Mind, Brain, and Education*, 3(1), 45-55.
- SANTOS, Boaventura
2010 Para além do pensamento abissal: das linhas globais a uma ecologia de saberes. En B. Santos y M. Meneses (Coord.), *Epistemologias do Sul* (pp. 31-83). São Paulo: Cortez.
- SIGMAN, Mariano, PEÑA, Marcela, GOLDIN, Andrea & RIBEIRO, Sidarta
2014 Neuroscience and education: prime time to build the bridge. *Nature neuroscience*, 17(4), 497-502.
- SMIRNOV, Stanislav & BOTTOMORE, Tom
1983 *La aproximación interdisciplinaria en la ciencia de hoy. Fundamentos ontológicos y epistemológicos. Formas y funciones. Interdisciplinaridad y Ciencias Humanas*, 53-70. Madrid: Tecnos/UNESCO.
- SONGER, Nancy & KALI, Yael
2014 Science education and the learning sciences as coevolving species. En R. K. Sawyer (Ed.), *Cambridge handbook of the learning sciences* (2nd ed., pp. 565-586). New York: Cambridge University Press.
- SUMMAK, Semih, SUMMAK, Elçin & SUMMAK, Ahika
2010 Building the connection between mind, brain and educational practice; roadblocks and some prospects. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 1644-1647.
- SZUCS, Denés & GOSWAMI, Usha
2007 Educational neuroscience: Defining a new discipline for the study of mental representations. *Mind, Brain, and Education*, 1(3), 114-127.
- THE ROYAL SOCIETY
2011 Brain Waves Module 2: Neuroscience: implications for education and lifelong learning. Recuperado de <https://goo.gl/1V5NZG>
- TOKUHAMA-ESPINOSA, Tracey
2008 *The scientifically substantiated art of teaching: A study in the development of standards in the new academic field of neuroeducation (mind, brain, and education science*. Minneapolis: Capella University.
- 2010 *Mind, brain, and education science: A comprehensive guide to the new brain-based teaching*. N.Y: WW Norton & Company.

- 2011 Why Mind, Brain, and Education Sciences the 'New' Brain-Based Education. *New Horizons for Learning*, 9(1).
- 2015 *The new science of teaching and learning: Using the best of mind, brain, and education science in the classroom*. N.Y: Teachers College Press.
- UNESCO
- 2013 Educational Neurosciences – More Problems than Promise? Recuperado de <https://goo.gl/Sbcg1v>
- VARMA, Sashank, MCCANDLISS, Bruce & SCHWARTZ, Daniel
- 2008 Scientific and pragmatic challenges for bridging education and neuroscience. *Educational Researcher*, 37(3), 140-152.
- VIDAL, Fernando
- 2008 *Historical considerations on brain and self*. En Antonio Battro, Kurt Fischer, & Pierre Lena (Eds.), *The educated brain*. Cambridge: Cambridge University Press.
- VIVAS, Jonathan
- 2015 La pertinencia de los métodos de enseñanza-aprendizaje desde la teleología de la educación. *Sophia, Colección de Filosofía de la Educación*, (19), 73-91.
- WILLINGHAM, Daniel
- 2009 Three problems in the marriage of neuroscience and education. *Cortex*, 45(4), 544-545.
- WILSON, Edward
- 1998 Consilience: The unity of knowledge. *Issues in Science and Technology*, 15(1), 90.
- ZADINA, Janeth
- 2015 The emerging role of educational neuroscience in education reform. *Psicología Educativa*, 21(2), 71-77.



Fecha de recepción de documento: 20 de mayo de 2018

Fecha de revisión de documento: 20 de julio de 2018

Fechas de aprobación de documento: 10 de septiembre de 2018

Fecha de publicación de documento: 15 de enero de 2019